土壤肥力及植物營養診斷技術應用於北部地區問題土壤之改善

Soil fertility and plant nutrition diagnostic technology for improving problem soil in northern area

莊浚釗[1*]、湯雪溶[1]

[1]桃園區農業改良場作物環境課

[*]E-mail:chuang@tydais.gov.tw

本研究主要目的係利用土壤肥力及植物營養診斷技術，為農民農地健康檢查，作為施肥改進的參考，並整理過去分析資料，建立本場轄區土壤管理資料庫，以了解北部地區土壤性質及問題土壤所在，進而應用此技術予以改善。本場 2011~2014 年土壤肥力與作物營養診斷分析件數共計 31,245 件，其中強酸性土壤 pH ≦5.5 者有逐年下降趨勢，土壤有機質含量>30 g/kg 者均逾 60%，另土壤電導度值>0.6 ds/m 者有逐年降低趨勢，土壤重金屬以鋅及銅含量超過容許量標準比例最高達 3%及 5%。針對北部地區蔬菜栽培管理的問題，除宣導勿用乾雞糞易造成環境髒亂汙染問題，另重金屬鋅污染及土壤鹽化等現象亦層出不窮，故本場針對上述問題，研發蔬菜有機栽培專用有機質肥料，經多年試驗種植 12 作蔬菜，每公頃產量 24.5 公噸較對照(市售有機質肥料)22.0 公頓，增產 2.5 公噸(11.4%)，可推廣農民及一般民 眾施肥栽培管理之參採。

關鍵詞：土壤肥力、植物營養診斷技術、北部地區、有機質肥料

Key word：Soil fertility、Plant nutrition diagnostic technology、Northern area、Organic matter fertilizer

前　言

本場自 2002 年為提升農民土壤及肥培管理技術，加強本場對農民樣品分析診 斷之服務，縮短分析時程，使農民能儘速取得分析報告，制訂分析診斷標準作業 程序，並建立土壤分析服務網頁查詢(王和羅，2003)，及整理過去分析建檔資料， 完成本場轄區土壤管理資料庫。

本技術收取農民樣本登錄後，進行試驗分析之前處理，包括土壤、堆肥樣本陰乾、磨粉、過篩或植體樣本清洗、烘乾及磨粉，另灌溉水、液肥等樣本，均可稱取分析所取重量依據本場分析步驟逐步分析，約需 2 周時間，本場依據所登錄地 址寄送分析檢測報告，檢測內容包括土壤肥力、葉片營養成分、灌溉水質及堆肥 成分等，於分析檢測報告表下建議欄中明列其需改進項目，藉以作為施肥改進之

參考，本分析檢測報告，除依據登錄地址郵寄紙本外，另於本場網站首頁(http:/tydares.coa.gov.tw)，點選左下角進入「土壤肥力與作物營養診斷」查詢系統查詢。該系統不受上班時段限制，隨時可查詢，另有各種作物施肥推薦量、營養障礙圖鑑及桃園地區土壤圖，均可點入查詢相關農業資訊，均為便利，可作為農民施肥改進之參考。 利用本技術探討本場轄區農民栽培所遇到的問題，尤其有

機農園長期施用有

機質肥料，過量施用及管理不當，致使土壤養分不平衡等問題日益嚴重(王和羅，2000)，其中以設施蔬菜最為嚴重，過去對有機質肥料合理施用、土壤肥力與重金屬累積、有機資材利用及對作物生長之影響均有深入研究與探討（陳，1995；張，1995；劉等，1995；蔡，1999），惟農民施用市售或自製的有機質肥料時，若未腐熟完全，常導致抑制種子萌發及根的生長（Zubillaga and Lavado, 2006），或未依土壤肥力概況及作物營養需求選用或調配，長期連續大量施用情況下，易導致土壤養分不平衡及重金屬累積問題，影響土壤及蔬菜品質。為解決土壤養分不平衡及重金屬累積問題，以及提高有機農產品品質，利用農畜產副產物及礦物等材料，調配適合葉菜類蔬菜有機栽培專用之有機質肥料供農民施用之參考。

材料與方法

一、葉菜類蔬菜生長及養分吸收調查

2010 年 5 月 31 日起每週採取有機栽培農戶三處收穫期的小白菜（東京白菜）及萵苣（蘿蔓）各 10 株樣品，每次各 30 件樣品，至 6 月 21 日共採四次樣品。植

體樣品以自來水及蒸餾水洗淨表面灰塵及附著於根部土壤，風乾後稱取植體鮮重，再經烘乾後稱取乾物重，磨粉備用。分析全氮、磷、鉀、鈣及鎂含量，並計算吸收量，作為配方調製的依據。

二、有機質肥料配方調配及田間試驗 本試驗依據蔬菜生長及養分吸收，利用本場轄區大宗農產副產物（綠竹粉、

大豆粕等），調製七種有機質肥料配方。經試驗篩選對蔬菜生育、產量及品質較佳有機質肥料配方 A、B 及 C，另添加苦土石灰（dolomite）進行試驗，處理包括：AS 有機質肥料配方 A；BS 有機質肥料配方 B；CS 有機質肥料配方 C；ASD 有機質肥料配方 A 加苦土石灰；BSD 有機質肥料配方 B 加苦土石灰；CSD 有機質肥料配方 C 加苦土石灰；COF 市售有機質肥料（CK）。本試驗 2012-2013 年於本場

（新屋鄉）進行，採逢機完全區集設計，七處理，三重複，小區面積 2.4 m×1.6 m ＝3.84 m^2。供試作物分別為小白菜（東京白菜）、萵苣（蘿蔓）、白莧菜及青梗白菜共計 12 作，有機質肥料全量於整地前全面撒施，耕犁之與土壤充分混合，生 育期間不再追施任何肥料及採用有機栽培管理不施用化學農藥，收穫期全小區蔬 菜採收後秤重並記錄產量。四種蔬菜氮施用量係依據作物施肥手冊（羅，2012） 及農家要覽（王及王，1995；王及林，1995；謝及王，1995）推薦量，有機質肥

料施用量以氮為換算基準，計算公式為堆肥施用量（公斤）＝氮推薦量×（100 ÷ 堆肥乾物中氮成分）×（1÷ 堆肥乾物含量%）×2.0×0.000384（小區面積）。

土壤肥力測定，土壤 pH 值以土：水＝1：5（w/v），平衡 1 h 後以玻璃電極法測定（McLean, 1982）。電導度（EC）以土：水＝1：5（w/v），振盪 1 h 後過濾，以電導度計測定（Rhoades,1982）。土壤有機質含量以 Walkley-Black 法測定

（Nelson and Sommers, 1982）。磷以 Bray-I 法萃取，濾液以鉬藍法比色測定（Olsen and Sommers, 1982）。有效性鉀、鈣及鎂以 Mehlich-I 法萃取，萃取液以火焰分光光度計測定鉀含量（Knudsen *et al.*,1982），以感應耦合電漿原子發射光譜儀（ICP）測定鈣及鎂含量（Flannery and Markus,1980）。

葉片全氮以凱氏法（Regular Kjeldahl method）分解蒸餾法測定（張，1981）。葉片樣品先以三酸（HNO_3：$HClO_4$：H_2SO_4＝4：1：1）分解至澄清，再以鉬藍法 測定磷含量（Murphy and Riley, 1962），火焰分光光度計測定鉀含量（Knudsen *et al.*,

1982），並以感應耦合電漿原子發射光譜儀測定鈣及鎂含量（張，1981）。

調查分析資料以 SAS（statistical analysis system 6.10, SAS Institute , 1990）程式 進行變方分析，再以 Fisher LSD 進行處理間平均值之差異分析。

結果與討論

一、本場分析樣品件數及養分含量統計

本場 2011 年至 2014 年土壤肥力與作物營養診斷分析統計如表 1，2011 年分析 件數土壤 4,032 件，植體 2,437 件及灌溉水、堆肥、介質及液肥 1,249 件共計 7,718 件；2012 年 8,055 件；2013 年 7,705 件；2014 年 7,767 件，4 年共計 31,245 件。 其中土壤 4 年共計 15,733 件樣品(50.3%)，次為植體 11,859 件(38%)，其餘灌溉水、 堆肥、介質及液肥共計 3,653 件(11.7%)。

表 1.土壤肥力與植物營養診斷分析統計表

Table1. Diagnosis of soil fertility and plant nutrition statistics

項目	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年	共計(比例%)
土壤	4,032	4,320	3,896	3,485	15,733(50.3)
植體	2,437	2,722	3,173	3,527	11,859(38.0)
灌溉水、堆肥、介質及液肥	1,249	1,013	636	755	3,653(11.7)
合計	7,718	8,055	7,705	7,767	
共計	31,245				

二、土壤養分含量變動情形

2011 年至 2014 年土壤 pH 三等級分布百分比如表 2，2011 年土壤 pH 5.5 者佔 64.5%，pH 5.6~6.7 者 27.6%及 pH ≥6.8 者 7.9%；2012 年土壤 pH ≤5.5 者佔 54.6%，pH 5.6~6.7 者 27.7%及 pH ≥ 6.8 者 17.7%；2013 年土壤 pH≤ 5.5 者佔 ≥ ≤ 55.9%，pH 5.6~6.7 者 28.4%及 pH≥ 6.8 者 15.7%；2014 年土壤 pH 5.5 者佔 48.8%，pH 5.6~6.7 者 33.9%及 pH 6.8 者 17.3%，顯示北部地區土壤為強酸性土壤佔的比例有逐年降低的趨勢，依據王(2006)報告指出北部地區農地強酸性土壤約佔 1/2，因與本場長期於講習會中宣導施用石灰資材料改善有關，過去研究亦指出酸性土壤施用石灰可提高作物產量及品質(孟和傅，1995)。

表 2.土壤 pH 三等級分布百分比

Table2. The percentage of soil pH distribute to three grades. (%)

範圍□	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
pH ≤5.5	64.5	54.6	55.9	48.8
pH 5.6~6.7	27.6	27.0 □	28.4	33.9
pH ≥6.8	7.9	17.7	15.7	17.3

土壤有機質含量分布百分比如表 3，2011 年土壤有機質含量< 30 g/kg 者佔 27.8%，>30 g/kg 者 72.2%；2012 年土壤有機質含量< 30 g/kg 者佔 39.7%，>30 g/kg 者 60.3%；2013 年土壤有機質含量< 30 g/kg 者佔 33%，>30 g/kg 者 67%；2014 年土壤有機質含量< 30 g/kg 者佔 25.8%，>30 g/kg 者 74.2%，顯示近 4 年土壤有機質含量>30 g/kg 者均逾 60%。

表 3.土壤有機質含量分布百分比

Table3. The percentage distribution of soil organic matter content (%)

範圍	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
< 30 g/kg	27.8	39.7	33.0	25.8
>30 g/kg	72.2	60.3	67.0	74.2

土壤電導度值及大量元素含量如表 4，2011 年土壤電導度值>0.6 ds/m 者佔 8.3%；2,012 年佔 8.8%，2013 年 5.5%，2,014 年 5.3%有逐年漸降趨勢。磷肥含量>50 mg kg^{-1} 者，由 2011 年 19.3%、2012 年 38.2%、2013 年 33.4%至 2014 年 26.8%。鉀肥>100 mg kg^{-1} 者，由 2011 年 44.2%、2012 年 39.2%、2013 年 32.2%至 2014 年 37.6%，有逐年遞減情形。鈣肥>1,140 mg kg^{-1}，由 2011 年 30.1%、2012 年 39.6%、2013 年 32.5%至 2014 年 30.5%。鎂肥>100 mg kg^{-1}，由 2011 年 74.1%、2012 年 76.8%、2013 年 69.3%，至 2014 年 62%。依據過去研究指出設施蔬菜園土壤含豐富營養鹽類累積(王等，2002)。

表 4. 土壤電導度值及大量元素含量變化

Table4. Change of soil EC and macro element content (%)

項目	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
電導度值 (>0.6 ds/m)(1:5)	8.3	8.8	5.5	5.3
磷肥(>50 mg kg^{-1})	19.3	38.2	33.4	26.8
鉀肥(>100 mg kg^{-1})	44.2	39.2	32.2	37.6
鈣肥(>1,140 mg kg^{-1})	30.1	39.6	32.5	30.5
鎂肥(>100 mg kg^{-1})	74.1	76.8	69.3	62.0

土壤重金屬含量超過容許量標準比例如表 5，銅含量>2ppm，2011~2014 年分別佔 2.6%、2.7%、3.5%及 2.7%。鋅>50ppm，2011~2014 年分別佔 5.9%、6.3%、3.5%及 4.9%。鎘>0.39ppm，分別佔 0.2%、1.3%及 1.2%。鎳>10ppm，分別佔 0.4%、0.2%、0.3%及 0.5%。鉻>10ppm，分別佔 0.07%、0.04%及 0.1%。鉛>15ppm，分別佔 0.9%、1.3%、0.9%及 1.0%，由以上數值顯示，重金屬鋅含量超過容許量標準比例較高，2011 年及 2012 年約為 6%，惟至 2013 年及 2014 年則降至 5%以下，主要為施用生雞糞所致，且經本場於各種訓練講習會中宣導施用生雞糞，除會造成環境髒亂及蚊蠅孳生等問題，另重金屬累積現象亦會呈現，故其超過現象已有漸降的趨勢。次為銅元素超標者 3%，其餘元素合格率均達 98~99%。

表 5.土壤重金屬含量超過容許量標準之變化

Table5. Change of heavy metal content exceeds the allowable quantity standard (%)

項目	2011 年	2012 年	2013 年	2014 年
銅>2ppm	2.6	2.7	3.5	2.7
鋅>50ppm	5.9	6.3	3.5	4.9
鎘>0.39ppm	0.2	0.2	1.3	1.2
鎳>10ppm	0.4	0.2	0.3	0.5
鉻>10ppm	0.07	0.04	0	0.1
鉛>15ppm	0.9	1.3	0.9	1.0

三、設施蔬菜鹽類之改善 設施栽培為北部地區短期葉菜生產常用之耕作方式，

由於葉菜類蔬菜生長期
短，複種指數高，為快速補充土壤養分之消耗，農民常施用大量肥料以供給作物生長所需。但因設施內土壤缺乏大量雨水淋洗，過量施肥的結果，易導致土壤中無機鹽類的累積、養分不平衡、重金屬累積、硝酸鹽含量過高及病蟲危害加劇等問題，而不利於蔬菜的生長。故以本土壤肥力及植體營養診斷技術，針對設施蔬菜栽培之問題予以改善。 首先介紹農民喜愛施用的乾雞糞成分如表 6，目前台灣

地區總雞隻數 1 億隻 (肉
雞 6,500 萬隻、蛋雞 3,500 萬隻)，每天排泄物量 0.13~0.14 公斤， 產生 13,580 公噸， 每隻每天排泄三要素 N-P_2O_5-K_2O=2-3.5-2.1g，1 億隻雞三要素量為 200-350-210 公噸 農地每年氮素用量 400kg/ha，可提供 18 萬公頃農地，堆肥化過程損失 50%氮素計
算，可提供 9 萬公頃農地。

乾雞糞的優點(1)價格便宜，每公斤 2~3 元為一般堆肥 1/3~1/2。(2)肥分較一般堆肥高 2~3 倍(表 6)。缺點為(1)雞糞施於田間釋出惡臭味及孳生蚊蠅，造成環境污 染。(2)飼料中添加高量鋅，造成重金屬污染。(3)雞糞 EC 值高，長期過量施用造成
鹽分累積，尤其設施因無雨水淋洗最為嚴重。(4)養雞場以鹽酸或石灰消毒，致使雞糞 pH 值不穩定。

農民施用乾雞糞對土壤肥力之影響如表 7 及 8，李姓農友係新園，2007 年開始 耕作，設施施用量每 20 尺即施用 1 包乾雞糞，至 2008 年其電導度提升 3 倍為 0.21 dS/m，土壤酸鹼度均低於 5.5 為強酸性土壤，惟有雞質含量大於 3.0，大量元素(氧
化鈣)低於適宜值範圍，其餘尚屬適宜值。另邱姓農友則為務農第 2 代的舊園，耕作 達 15 年以上，亦為使用乾雞糞方法同前，其電導度均已逾 0.6 dS/m，且逐年漸增趨 勢，由 2005 年 0.83 dS/m 至 2006 年及 2008 年分別達 1.21 dS/m 及 1.85 dS/m，土壤已呈 現鹽化現象，其餘土壤大量元素含量均超過適宜範圍，此即為造成鹽害的主因。

另重金屬含量雖未超過有機規範標準，但李姓農友施用 1 年乾雞糞其鋅含量及由
4ppm 提升至 14ppm，爾後如以此方式繼續施用，預估 5 年即逾越 50ppm。

表 6.生雞糞與雞糞堆肥成分之比較

Table6. Comparison of dry chicken manure and chicken manure compost component

種類	乾燥方式	水分	碳	氮	磷酐	氧化鉀
		%		----------------%----------------		
	未乾燥	41	33.5	4.4	5.2	3.6
蛋雞	太陽乾燥	20	29.9	3.6	6.7	4.0
	火力乾燥	16	31.1	3.8	7.3	3.1
肉雞		33	33.7	4.8	5.5	2.8

粗糠雞糞	1~1.2		
蛋雞糞堆肥	2.1~2.8	2.0~2.9	2.1~3.0
肉雞糞堆肥	1.8~2.4	1.3~2.2	2.3~3.0

表 7.施用生雞糞對土壤肥力之影響

Table7.Effect of applied dry chicken manure on soil fertility

農友(年度)	酸鹼度 (1:1)	電導度 (1:5) (dS/m)	有機質 (%)	磷酐	氧化鉀	氧化鈣	氧化鎂
				---------------------kg ha^{-1}-----------------			
李農友(2007)	4.9	0.07	4.3	80	219	972	368
李農友(2008)	5.2	0.21	4.0	324	158	866	416
邱農友(2005)	5.0	0.83	6.0	2322	434	6515	1041
邱農友(2006)	5.0	1.21	3.8	1582	886	9151	1721
邱農友(2008)	4.9	1.85	4.4	671	1122	7427	2329
適宜值	5.5-6.8	<0.6	>3.0	60-290	90-300	2000-4000	200-400

表 8.施用生雞糞對土壤重金屬之影響

Table8.Effect of applied dry chicken manure on soil heavy metal content

重金屬	銅	鋅	鎘	鎳	鉻	鉛
	--------------------	----------mg kg^{-1}	----------	---------	---------	----------
李農友(2007)	2.0	4	0.13	0.6	0.2	6.1
李農友(2008)	4.0	14	0.12	1.0	0.4	7.5
邱農友(2008)	2.0	24	0.07	0.8	0.4	4.4
參考值	<20	<50	<0.39	<10	<10	<15

四、蔬菜有機栽培專用有機質肥料配方之研發 本場針對轄區有機栽培農戶施用有機質肥料，未依土壤肥力狀況、作物養分吸收情形及有機質肥料特性施用，長期施用造成土壤劣化等現象，造成作物產量及品質下降影響農民收益。另為矯正農民施用乾雞糞的觀念，特研發有機栽培專用的有機質肥料，供農民於栽培管理施用的參考。

首先進行蔬菜生長及養分吸收調查，自 2010 年 5 月 31 日起每週採取有機栽培農戶 3 處小白菜及萵苣(蘿蔓)各 10 株樣品，至 6 月 21 日共採 4 次樣品。植體樣品以自來水及蒸餾水洗淨表面灰塵及附著於根部土壤，風乾後稱取植體鮮重，再經烘乾後稱取乾物重，磨粉備用。分析全氮、磷、鉀、鈣及鎂含量。並計算吸收量，作為配方調製的依據。

依據蔬菜生長及養分吸收情形，利用本場轄區大宗農產副產物綠竹，依據農業年報統計北部地區約 5,000 公頃(農委會，2014)，調製 7 種有機質肥料配方進行試驗，篩選蔬菜專用配方 3 種，配合施用苦土石灰，改良土壤酸化現象(張等，2001)，

種植北部地區主要短期葉菜小白菜、萵苣各 4 期作及莧菜、青梗白菜各 2 期作，共計 12 期作，平均每公頃產量以本配方(處理代號 CS)24.5 公噸較對照(市售有機質肥料)22.0 公噸，增產 2.5 公噸(11.4%)(表 9)，其餘處理亦較對照增產 1.5~2.1 公噸(6.8~9.5%)，另添加苦土石灰亦以 CSD 及 BSD 處理 24.1 公噸最佳。故選定有機 質肥料 C 為技轉商品，本產品適合有機栽培、非有機栽培農民及一般名眾均可使 用，市場總產值高達 8 億元，極具商品開發價值。

表 9. 不同有機質肥料配方對蔬菜產量之影響

Table9.Effects of different organic fertilizer formulations on the yield of vegetables

	小白菜 (4 期作)	萵苣 (4 期作)	白莧菜 (2 期作)	青梗白菜 (2 期作)	平均 (12 期作)
	---t ha^{-1}---				
	27.6a^{y}(114)	20.2a (98)	14.9a (115)	31.2a (103)	23.5a (106.8)
	24.2b (100)	21.5a (105)	16.7a (128)	32.6a (107)	23.8a(108.2)
	27.6a (114)	21.7a (106)	15.2a (117)	33.4a (110)	24.5a(111.4)
	26.8a (111)	21.3a (104)	15.2a (117)	30.4a (100)	23.4a(106.4)
	26.8a (111)	22.2a (108)	16.6a (128)	30.8a (101)	24.1a(109.5)
	27.1a (112)	22.1a (108)	13.7a (105)	33.4a (110)	24.1a(109.5)
)	24.1b (100)	20.5a (100)	13.0a (100)	30.4a (100)	22.0a(100.0)

x： AS 有機質肥料 A。BS 有機質肥料 B。CS 有機質肥料 C。

ASD 有機質肥料 A+苦土石灰。BSD 有機質肥料 B+苦土石灰。

CSD 有機質肥料 C+苦土石灰。COF 對照(CK)市售有機質肥料

y：LSD 顯著性測驗在 5%水準差異不顯著。

結 論

本研究主要目的係為提升農民土壤及肥培管理技術，加強本場對農民樣品分析診斷之服務，整理過去分析建檔資料，建立本場轄區土壤管理資料庫。另針對北部地區設施蔬菜栽培土壤鹽類及酸性土壤等問題，研發有機栽培專用有機質肥料，可供農民施肥之參考。

參考文獻

1. 王三太、王毓華。1995。莧菜。農家要覽。p.399。
2. 王三太、林子凱。1995。小白菜。農家要覽。p.423。
3. 王斐能、羅秋雄。2000。有機農園土壤及灌溉水品質監測。桃園區農業改良場研究彙報第 41 號：17-26。行政院農業委員會桃園區農業改良場。
4. 王明果、謝兆申。2001。台灣地區主要土壤之分佈及特性。肥料要覽：2-10．中華土壤肥料學會。
5. 王鍾和、黃維廷、江志峰 。2002。設施蔬菜園鹽害與連坐問題之因應策略。設施栽培之土壤肥料管理技術。合理化施肥推廣手冊(6):1-7。
6. 王斐能、羅秋雄。2003。土壤肥力與作物營養診斷服務資訊系統之建立。土壤與環境 6(2)：71-78。
7. 王斐能。2006。北部地區農田土壤肥力概況。桃園區農業改良場研究彙報第 59 號：47-56。行政院農業委員會桃園區農業改良場。
8. 行政院農業委員會。2014。農業生產。農業統計年報。P.52。
9. 孟賜福、傅慶林。1995。施石灰石粉後紅壤化學性質的變化。土壤學報 32：300-307。
10. 張愛華。1991，土壤分析分法。作物施肥診斷技術。台灣農業試驗所特刊 13:9-26。
11. 張淑賢。1995。有機資材利用之試驗研究現況與展望。有機肥料合理施用技術研討會專刊。台灣省農業試驗所 p.1-14。
12. 張庚鵬、張愛華。1997。蔬菜作物營養障礙診斷圖鑑。台灣省農業試驗所。行政院農業委員會。
13. 陳尊賢。1995。長期施用豬糞堆肥對土壤中重金屬之累積及合理施用量之評估。有機質肥料合理施用技術研討會專刊 p.200-214。
14. 陳仁炫。2001。土壤管理與改良。肥料要覽：3-11。中華土壤肥料學會。
15. 陳仁炫、鄒裕民。2009。土壤化學性質分析。土壤與肥料分析手冊(一)。中華土壤肥料學會。
16. 郭魁士。1997。土壤學。中國書局。
17. 劉文徹、李松武、王銀波。1995。有機肥料之施用與土壤重金屬之聚積、作物吸收之關係。有機質肥料合理施用技術研討會專刊 p.215-227。
18. 蔡宜峰。1999。禽畜糞堆肥對作物生長及土壤特性之影響。農業有機廢棄物處理與應用。中華生質能源學會。p.73-85。
19. 謝明憲、王仕賢。1995。青梗白菜。農家要覽。p.429。
20. 羅秋雄。2005。作物施肥手冊增修六版。中華肥料協會。
21. Flannery, R. L. and D. K. Markus. 1980. Automated analysis of soil extracts for phosphorous, potassium, calcium and magnesium. Jour. Assoc. Off. Anal. Chem. 63:779-787.
22. Knudsen, O., G. A. Peterson, and P. F. Pratt. 1982. Lithium, sodium and potassium.p.225-246. In A. L. Page (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition. ASA,Madison, WI, USA.

23.McLean, E. O. 1982. Soil pH and Lime requirement. p.199-224. In A. Klute et al. (ed.) Method of Soil Analysis. Park I. 2nd edition. ASA, Madison, WI. USA.
24.Murphy, J. and L. E. Riley. 1962. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. Anal. Chem. Acta 27:31-36.
25.Nelson, D. W. and L. E. Sommers. 1982. Total carbon, organic carbon, and organic matter.p.539-579. In A. L. Page (ed.). Methods of Soil Analysis. Part 2. 2nd edition.
ASA,Madison, WI, USA.
26.Olsen, S. R. and L. E. Sommers. 1982. Phosphorus. In A. L. Page (ed.). Methods of Soil
Analysis. Part 2. 2nd edition. p.403-429. ASA, Madison, WI, USA.
27.Rhoades, J. D. 1982. Soluble salts. p.167-179. In A. L. Page (ed.) Methods of Soil
Analysis, Part 2. 2nd edition. ASA, Madison, WI, USA.
28.SAS Institute. 1990. SAS User Guide 6.10 Edition. SAS Institute Inc., SAS Circle, Box
8000, Cary, NC 27515-8000, USA.
29.Zubillaga, M. S., and R. S. Lavado. 2006. Phytotoxicity of biosolids compost at differentdegrees maturity compared to biosoilds and animal manures. Compost Science &Utilization 14(4):267-270.

Soil fertility and plant nutrition diagnostic technology for improving problem soil in northern area

Chun-Chao Chuang and Hsueh-Jung Tang

Abstract

The objective of this study is to use the technology of soil fertility and plant nutrition diagnostic to improve the health of the farmland and provide farmers more precise fertilizer dosage. After survey the analysis data in past four years include 31,245 samples, we established the soil management database and point out the problem and the solution of soil properties in the northern area of Taiwan. In the survey we found that the samples of strongly acidic soil pH under 5.5 decreased, more than 60% soil's organic matter content higher than 30 g kg^{-1}, and the ratio of the samples soil solution conductance > 0.6 ds m^{-1} decreasing by year. The ratio of the soil heavy metals zinc and copper content exceeds the allowable amount of standard up to 3% and 5%. We urge the vegetable farmer not to use dry chicken manure as fertilizer to prevent environmental pollution and soil salinization in northern area. We developed special organic fertilizer for organic vegetables, after 12 crops of testing for vegetable cultivation the yield of 24.5 t ha^{-1} compared with the control (commercial organic fertilizer) 22.0 t ha^{-1}, to increase yield 2.5 t ha^{-1} (11.4%). It can be taken to promote the farmers and the general public to use our fertilizer to get better income and environment.